

⑤

Int. Cl. 2:

G 01 P 5/08

G 01 F 1/56

⑯ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

DEUTSCHES



PATENTAMT

DT 26 22 943 A 1

⑪

Offenlegungsschrift 26 22 943

⑫

Aktenzeichen:

P 26 22 943.6

⑬

Anmeldetag:

21. 5. 76

⑭

Offenlegungstag:

9. 12. 76

⑮

Unionspriorität:

⑰ ⑱ ⑲

27. 5. 75 Großbritannien 23179-75

⑤

Bezeichnung:

Elektromagnetischer Mengemesser

⑦

Anmelder:

National Research Development Corp., London

⑦

Vertreter:

Bahr, H., Dipl.-Ing.; Betzler, E., Dipl.-Phys.;
Herrmann-Trentepohl, W., Dipl.-Ing.; Pat.-Anwälte,
4690 Herne u. 8000 München

⑦

Erfinder:

Hemp, John, Marston, Oxford; Wyatt, Derek Gerald,
Oxford (Großbritannien)

DT 26 22 943 A 1

⊕ 11.76 609 850/731

8/70

Best Available Copy

4690 Herne 1,
Freiligrathstraße 19
Postfach 1140
Pat.-Anw. Herrmann-Trentepohl
Fernsprecher: 5 10 13
5 10 14
Telegrammschrift:
Bahrpatente Herne
Telex 08 229 853

Dipl.-Ing. R. H. Bahr
Dipl.-Phys. Eduard Betzler
Dipl.-Ing. W. Herrmann-Trentepohl
PATENTANWÄLTE

8000 München 40,
Eisenacher Straße 17
Pat.-Anw. Betzler
Fernsprecher: 35 30 11
36 30 12
38 30 13
Telegrammschrift:
Babetzpat München
Telex 5 215 360

2622943

Bankkonten:
Bayerische Vereinsbank München 952 287
Dresdner Bank AG Herne 7-520 499
Postscheckkonto Dortmund 658 68-467

Ref.: M 05 608 B/h. In der Antwort bitte angeben
Zuschrift bitte nach: München

19. Mai 1976

National Research Development Corporation
Kingsgate House, 66-74, Victoria Street,
London S.W. 1 / England

Elektromagnetischer Mengenmesser

Die Erfindung bezieht sich auf elektromagnetische Mengenmesser und richtet sich insbesondere auf Mengenmesser mit Punktelektroden.

Bei allen Mengenmessern, in welchen Elektroden zur Herstellung des elektrischen Kontakts mit dem Medium im Mengenmesser erforderlich sind, gibt es das Problem der Sicherstellung, daß der Kontaktwiderstand zwischen den Elektroden und dem Medium gleichmäßig ist. Änderungen im Kontaktwiderstand können durch Ablagerung von fester Materie verursacht werden, die in dem Medium suspendiert ist, durch das Auftreten von Gasblasen und durch chemische Wirkung. Es hat sich herausgestellt, daß dieses Problem weitgehendst durch Verwendung von Elektroden vermieden werden kann, die klein genug sind, um sie als Punktelektroden ansprechen zu können. Mengenmesser mit Punktelektroden leiden jedoch unter dem Nachteil, daß sie überempfindlich für die Strömung in der Nähe der Elektroden sind, so daß die Eichung des

609850/0731

Mengenmessers sehr stark durch Änderungen des Geschwindigkeitsprofils des den Mengenmesser durchströmenden Mediums beeinflusst wird. Die vorliegende Erfindung betrifft die Schaffung eines elektromagnetischen Mengenmessers mit einem Magnetfeld, das sich derart ändert, daß dieser Nachteil reduziert wird.

Gemäß der Erfindung wird ein elektromagnetischer Mengenmesser zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit in einer Leitung kreisförmigen Querschnitts vorgeschlagen, der enthält ein Elektrodenpaar an diametral gegenüberliegenden Stellen der Leitung, Hauptwindungen für die Erzeugung eines Hauptmagnetfelds in der Leitung, das sich quer zwischen den Elektroden erstreckt, so daß ein Signal an den Elektroden aufgebaut wird, und erste, zweite, dritte und vierte Hilfswicklungen, die im Abstand um die Hauptwicklung zur Erzeugung entsprechender Hilfsmagnetfelder angeordnet sind, deren Komponenten parallel jedoch in entgegengesetzter Richtung zum Hauptmagnetfeld in der Leitung verlaufen, wobei das erste und zweite Hilfsmagnetfeld jeweils in der Nähe einer entsprechenden Elektrode stromaufwärts davon und das dritte und vierte Hilfsmagnetfeld jeweils in der Nähe einer entsprechenden Elektrode stromabwärts davon angeordnet sind.

Es ist selbstverständlich, daß der hier verwendete Ausdruck "Wicklung" jede Anordnung elektrischer Leiter umfaßt, die eine im wesentlichen geschlossene Schlaufe bilden oder simulieren, so daß bei fließen eines elektrischen Stromes in solchen Leitern ein sich durch eine solche Schleife erstreckendes Magnetfeld erzeugt wird. Die Wicklung kann eine oder mehrere im wesentlichen geschlossene Schlaufen eines gedruckten Leiters auf einer Oberfläche sowie auch gewickelte Spulen umfassen.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform gemäß der Erfindung sind zwei weitere Wicklungen vorgesehen, um weitere entsprechende Magnetfelder zu erzeugen, die jeweils in der Nähe einer entsprechenden Elektrode zwischen den entsprechenden Hilfsmagnetfeldern angeordnet sind, wobei die weiteren Magnetfelder Komponenten in der Leitung in der gleichen Richtung wie das Hauptmagnetfeld aufweisen.

Entwickelt man einen gedruckten Schaltkreis als Wicklung für einen elektromagnetischen Mengenmesser gemäß der vorliegenden Erfindung, dann ist die Form dieser Wicklung vorzugsweise so angeordnet, daß die Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Mengenmessers vom Geschwindigkeitsprofil ein Minimum ist, während gleichzeitig der Leistungsverbrauch der Wicklungen beschränkt wird. Die Wicklungen bestehen aus dünnen leitenden Streifen, die in einer gebundenen geometrischen Oberfläche wenigstens teilweise die Leitung umgebend verlegt sind. Die Verteilung der leitenden Streifen und der Ströme, die durch jeden Streifen fließen sollen werden bestimmt durch Ausdrücken des Magnetpotentials auf der Oberfläche als eine allgemeine Fourier-Reihe in zwei Koordinaten, die die Lage eines Punktes auf der Oberfläche definieren. Die Reihe wird nach einer bestimmten Anzahl von Gliedern in Übereinstimmung mit der gewünschten Genauigkeit beendet. Die Reaktion des Mengenmessers auf eine geradlinige Strömung, d. h. eine Strömung, die überall im wesentlichen parallel zur Richtung der Rohrleitung ist, an jeder Stelle des Querschnitts der Leitung, im folgenden als Gewichtsfunktion bezeichnet, wird in Termen der Koeffizienten der Termen in der Fourier-Reihe und der bekannten Geometrie des Elektrodensystems berechnet. Die Koeffizienten der Termen in der Fourier-Reihe werden bestimmt unter Verwendung eines numerischen Verfahrens durch Zurückführen der Wurzel aus mittlerer quadratischer Abweichung der Gewichtsfunktion dividiert durch die mittlere Gewichtsfunktion auf ein Minimum, wobei die Minimierung über besondere Punkte des Querschnittes der Leitung durchgeführt wird. Die Minimierung wird ausgeführt unter einem Zwang oder in Abhängigkeit von einer Menge gleich dem Verhältnis des Quadrats der Empfindlichkeit für eine feste Verteilung der Mediengeschwindigkeit dividiert durch die entsprechende in den Leiterstreifen gestreute entsprechende Leistung. Die feste Verteilung der Mediengeschwindigkeit kann als eine gleichmäßige Verteilung angenommen werden. Wenn die Koeffizienten bestimmt sind, wird die Verteilung der Leiterstreifen so gewählt, daß die Kanten der Streifen mit den Linien konstanter magnetischer Potentialdifferenz koinzident sind. Die Stromdichte in

jedem Streifen wird proportional zur Änderung der Magnetpotentialdifferenz über die Breite des Streifens gewählt. Die Dichte der Streifen wird groß genug gemacht, um die gewünschte Magnetpotentialdifferenz genau genug über die Oberfläche zu reproduzieren. Dieses Entwurfsverfahren ist voll beschrieben von J. Hemp "Improved magnetic field for an electromagnetic flowmeter with point electrodes" J. Phys. D: App. Phys., Band 8, 1975, Seite 983.

Ausführungsformen der Erfindung sollen nunmehr unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert werden. Die Zeichnungen zeigen in

- Fig. 1 einen Querschnitt durch einen Mengenmesser gemäß der Erfindung, wobei der Ort der Wicklungen schematisch angedeutet ist;
- Fig. 2 eine abgebrochene perspektivische Ansicht des Strömungsmessers in Fig. 1, wobei Leiter und Elektroden entfernt sind;
- Fig. 3 eine Abwicklung der Wicklungen des Mengenmessers nach den Fig. 1 und 2;
- Fig. 4 ein Diagramm zur Wiedergabe der Gewichtsfunktionen, die man mit dem Mengenmesser nach Fig. 1 erhalten kann;
- Fig. 5 ein Diagramm der Gewichtsfunktionen, die man mit einem ähnlichen Mengenmesser mit gleichmäßigen Magnetfeld erhalten kann; und in
- Fig. 6 eine Abwicklung eine gegenüber der Fig. 3 geänderten anderen Wicklungsausbildung.

Nach Fig. 1 besteht ein Mengenmesser gemäß der Erfindung aus einem elektrisch-isolierenden, nicht leitenden Rohr 10 mit einem

Paar diametral gegenüberliegend angeordneten Punktelektroden 11 und 12. Das Rohr 10 sitzt innerhalb eines Eisenrohres 13 mit Kupferstreifen, beispielsweise dem Streifen 14 auf der Innenoberfläche zur Bildung von Wicklungen. Die Kupferstreifen sind natürlich gegenüber dem Eisenrohr isoliert. Die Wicklungen sind so angeordnet, daß ein Magnetfeld im Rohr 10 entsteht, dessen Hauptkomponente senkrecht sowohl zur Längsachse des Rohres 10 als auch zu der durch die Elektroden 11 und 12 gelegten Achse verläuft.

Nach Fig. 2 beträgt die axiale Länge des Eisenrohres 13 ca. das Zweieinhalbfache des Durchmessers des Rohres 10. Wie bereits oben erwähnt ist die Anordnung der die Wicklungen bildenden Kupferstreifen schematisch wiedergegeben, jedoch läßt sich erkennen, daß die Wicklungen eine Mittelschleife 15 bilden, deren Achse senkrecht zur Achse durch die Elektroden verläuft (Fig. 1) und vier diese umgebende Schleifen 16, 17, 18 und 19. Bei Benutzung liefert die Wicklung 15 ein Hauptmagnetfeld und Strom fließt in den Wicklungen 16, 17, 18 und 19 in einer Richtung entgegengesetzt zum Stromfluß in der Wicklung 15, so daß Hilfsmagnetfelder in der zum Hauptmagnetfeld entgegengesetzten Richtung in der Nachbarschaft der Elektroden 11 und 12 entstehen.

Fig. 3 stellt eine Abwicklung der tatsächlichen Verlegung der die Wicklungen bildenden Kupferstreifen dar. Diese werden durch ein Druckverfahren hergestellt, wobei die schwarzen Linien die Isolation zwischen benachbarten Kupferbereichen wiedergeben. Die Wicklungen werden von einer Wechselstromquelle versorgt, wobei die momentanen Strömungsrichtungen durch Pfeile angedeutet sind. Elektrische Verbindungen an die Kupferstreifen sind an dem mit den Buchstaben x markierten Punkten vorgesehen. Man erkennt ferner, daß die verschiedenen Wicklungen aus konzentrischen Strombahnen gebildet werden, wobei benachbarte Bahnen miteinander zur Bildung einer Spirale verbunden sind. Um eine Störung des Magnetfeldes zu vermeiden, sind die die Mittelanschlüsse der verschiedenen Wicklungen versorgenden Leitungen jeweils in enger Nachbarschaft zu den entsprechenden Wicklungen in Flucht mit dem Ort angeordnet, an dem benachbarte konzentrische Ring miteinander verbunden sind, so daß

jedes Magnetfeld infolge eines radialen Stromflusses ausgeglichen wird. Der entsprechende Rückleiter ist selbstverständlich an das äußere Ende jeder Spirale angeschlossen und die Versorgungs- und Rückleiter sind anschließend in enger Nachbarschaft zueinander angeordnet, um ein minimales Nettomagnetfeld zu erzeugen.

Die Anordnungsstellen der Elektroden 11 und 12 sind in Fig. 3 wiedergegeben, um ihre Orientierung relativ zu den Leitern anzuzeigen. Die Elektroden sind natürlich auf dem inneren Rohr 10 und nicht auf dem äußeren Rohr 13 angeordnet. Vorzugsweise ist der Durchmesser jeder Elektrode nicht größer als 5 % des Radius des inneren Rohres 10 und die eigentlichen Anordnungsstellen der Elektroden unterscheiden sich von ihrer Idealanordnungsstelle, wie es in Fig. 3 dargestellt ist, um nicht mehr als 1 % des Radius des Rohres 10.

In Fig. 3 bezeichnen die Bezugszeichen der verschiedenen Wicklungen die annähernden Mitten der Wicklungen, die mit dem Buchstaben o bezeichnet sind. In der mittleren Wicklung 15 ist die momentane Stromflußrichtung als im Uhrzeigersinn (mit Ausnahme der Mitte der Wicklung) verlaufend angedeutet. Diese Wicklung wird umgeben von den vier Hilfwicklungen 16, 17, 18 und 19, die aus Kupferstreifen geringer Breite bestehen und deren momentaner Stromfluß als gegen den Uhrzeigersinn erfolgend angedeutet ist. Außerdem gibt es zwei weitere Wicklungen 20 und 21 mit einem momentanen Stromfluß im Uhrzeigersinn zwischen den Wicklungen entsprechend den Wicklungen 16 und 17 und den Wicklungen entsprechend den Wicklungen 18 bzw. 19. Alle diese Wicklungen sind in Reihe geschaltet, so daß die Ströme in allen Streifen gleich sind.

Es ist selbstverständlich, daß zu den in Fig. 3 wiedergegebenen Wicklungen identische Wicklungen auf der anderen Seite des Mengenmessers vorgesehen sind, daß jedoch die Ströme in der anderen Richtung fließen, so daß sich verstärkende Magnetfelder entstehen.

- 7 -

7

Somit wird das von der Hauptwicklung 15 erzeugte Magnetfeld in der Nachbarschaft der Elektroden 11 und 12 modifiziert. Die Modifikation nimmt die Form einer Umkehrung des Feldes etwas oberhalb und etwas unterhalb der Elektroden an, verstärkt es jedoch in der unmittelbaren Nachbarschaft der die Elektroden enthaltenden Querebene.

Fig. 4 ist ein Diagramm zur Wiedergabe der Gewichtsfunktion in einem Quadrant der die Elektroden enthaltenden Querebene, wobei die Gewichtsfunktionen in den anderen drei Quadranten ähnlich sind. Fig. 5 ist ein entsprechendes Diagramm zur Wiedergabe der Gewichtsfunktionen, die man mit einem gleichmäßigen Magnetfeld erhält. Man erkennt, daß die Gewichtsfunktion in der Nachbarschaft der Elektrode 11 am Oberteil des Diagramms wesentlich enger als der Einheit (Mittelwert) in Fig. 4 liegt, als beim Diagramm in Fig. 5.

Fig. 6 ist eine Abwicklung der die Wicklungen einer abgeänderten Ausführungsform eines Mengenmessers nach der Erfindung bildenden Kupferstreifen. Es ist die gesamte Wicklung anstelle nur einer Hälfte wie in Fig. 3 gezeichnet. Die physikalische Konstruktion ist ähnlich derjenigen beim Mengenmesser nach den Fig. 1 bis 3, außer daß die axiale Länge des Eisenrohres, innerhalb der die Wicklungen angeordnet sind, annähernd gleich seinem Durchmesser ist, wobei die Seitenanschlüsse zu dem Kreis um die Außenseite des Eisenrohres zurückgefaltet sind. Die Wicklungen 25 bis 31 in der einen Hälfte und die Wicklungen 35 bis 41 in der anderen Hälfte entsprechend den Wicklungen 15 bis 21 nach Fig. 3. Die Abweichungen der sich ergebenden Magnetfeldverteilung von der gewünschten Abweichung ist etwas größer als für die Wicklungen nach Fig. 3, jedoch überwiegt für einige Anwendungsgebiete die kürzere axiale Länge des Mengenmessers diesen Nachteil. Wie vorher werden die elektrischen Anschlüsse an die Kupferstreifen an den mit x markierten Stellen vorgenommen und die verschiedenen Teile der Wicklungen sind in Reihe geschaltet, so daß sich die durch die Pfeile wiedergegebene entsprechende Richtung des Stromflusses ergibt.

- 8 -

609850/0731

Die Anordnungsstellen der Elektroden 11 und 12 sind ebenfalls dargestellt, um ihre Orientierung wiederzugeben, wobei die Elektrode 11 an beiden Enden der Abwicklung angedeutet ist.

- Patentansprüche: -

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Elektromagnetischer Mengenmesser zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit eines Mediums in einer Leitung von kreisförmigen Querschnitt mit einem Paar von an diametral gegenüberliegenden Stellen der Leitung angeordneten Elektroden und Hauptwicklungen zur Erzeugung eines Hauptmagnetfeldes in der Leitung, das sich quer zwischen den Elektroden zum Aufbau eines Signals über den Elektroden erstreckt, g e k e n n z e i c h n e t durch erste, zweite, dritte und vierte Hilfswicklungen (16 bis 18; 26 bis 29, 36 bis 39) im Abstand um die Hauptwicklung zur Erzeugung entsprechender Hilfsmagnetfelder mit Komponenten parallel jedoch entgegengesetzt zum Hauptmagnetfeld in der Leitung, wobei die ersten und zweiten Hilfsmagnetfelder jeweils in der Nähe einer entsprechenden Elektrode (11, 12) stromaufwärts davon und die dritten und vierten Hilfsmagnetfelder jeweils in der Nähe einer entsprechenden Elektrode stromabwärts davon angeordnet sind.

2. Mengenmesser nach Anspruch 1, g e k e n n z e i c h n e t durch zwei weitere Wicklungen (20, 21, 30, 31, 40, 41) jeweils in der Nähe einer entsprechenden Elektrode (11, 12) zwischen den entsprechenden Hilfswicklungen, die weitere Magnetfelder erzeugen, die Komponenten in der Leitung in der gleichen Richtung wie das Hauptmagnetfeld aufweist.

3. Mengenmesser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß jede Wicklung wenigstens eine vollständig geschlossene Schlaufe eines elektrisch-leitenden Streifens auf einer isolierenden Oberfläche umfaßt.

4. Mengenmesser nach Anspruch 3, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die aufgedruckten Leiter so angeordnet sind, daß die Kanten der Streifen der gedruckten Leiter mit Linien konstanter magnetischer Potentialdifferenz in dem er-

wünschten Magnetfeld zusammenfallen und die Stromdichte jedes Streifens proportional der Änderung der Magnetpotentialdifferenz dazwischen ist.

5. Mengennmesser nach Anspruch 3 oder 4, dadurch g e k e n n -
z e i c h n e t , daß die Wicklungen auf der Innenoberfläche
eines ferromagnetischen Rohres (13) angeordnet sind.

11
Leerseite

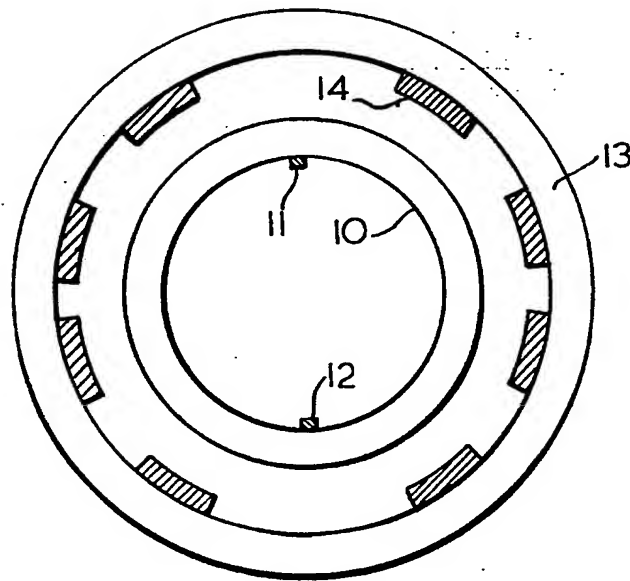
2622943

G01P

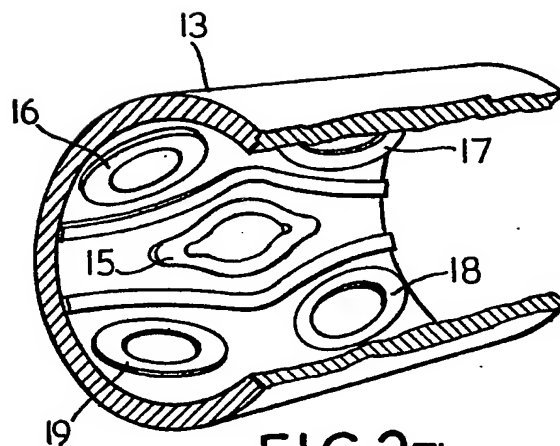
5-08

AT:21.05.1976 OT:09.12.1976

, 45 -



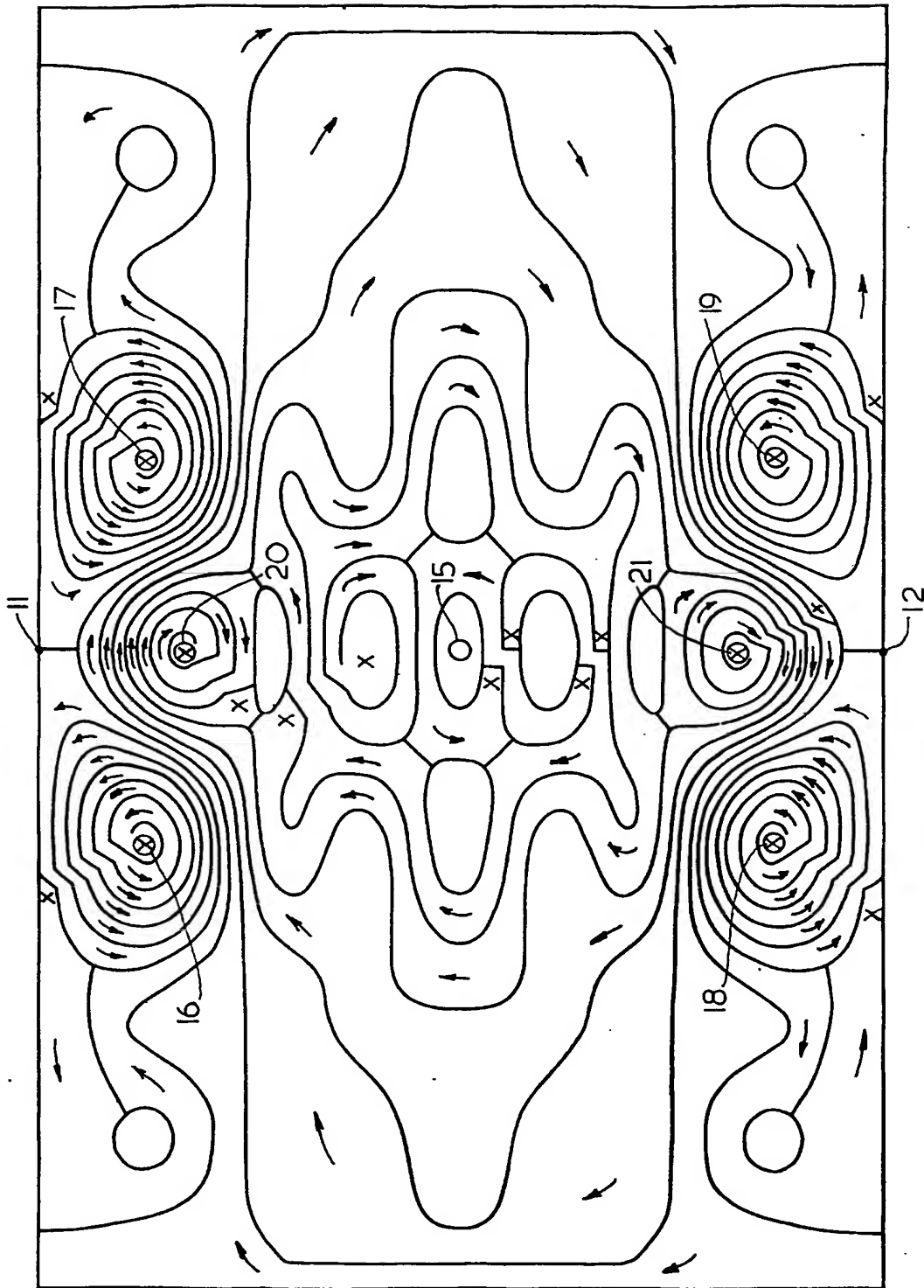
-FIG.1-



-FIG.2-

609850/0731

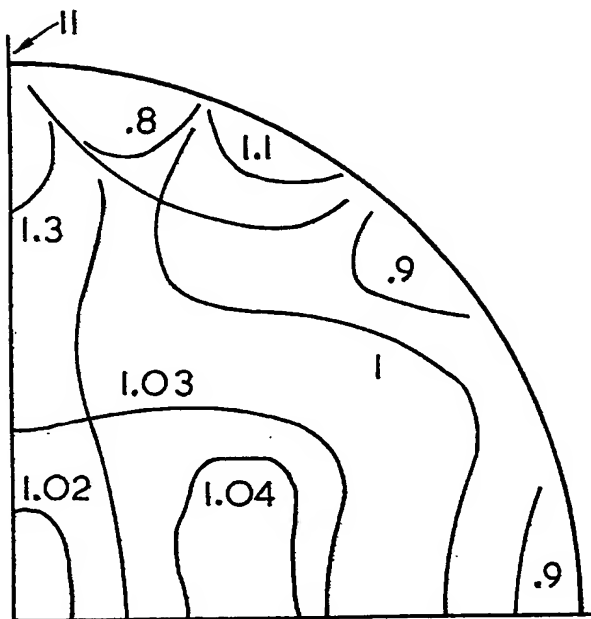
ORIGINAL INSPECTED



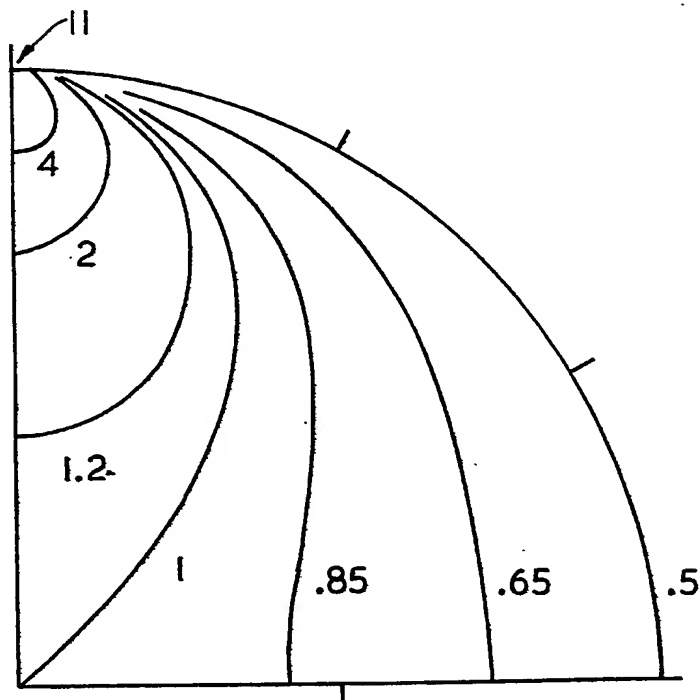
-FIG.3-

2622943

. 13 -

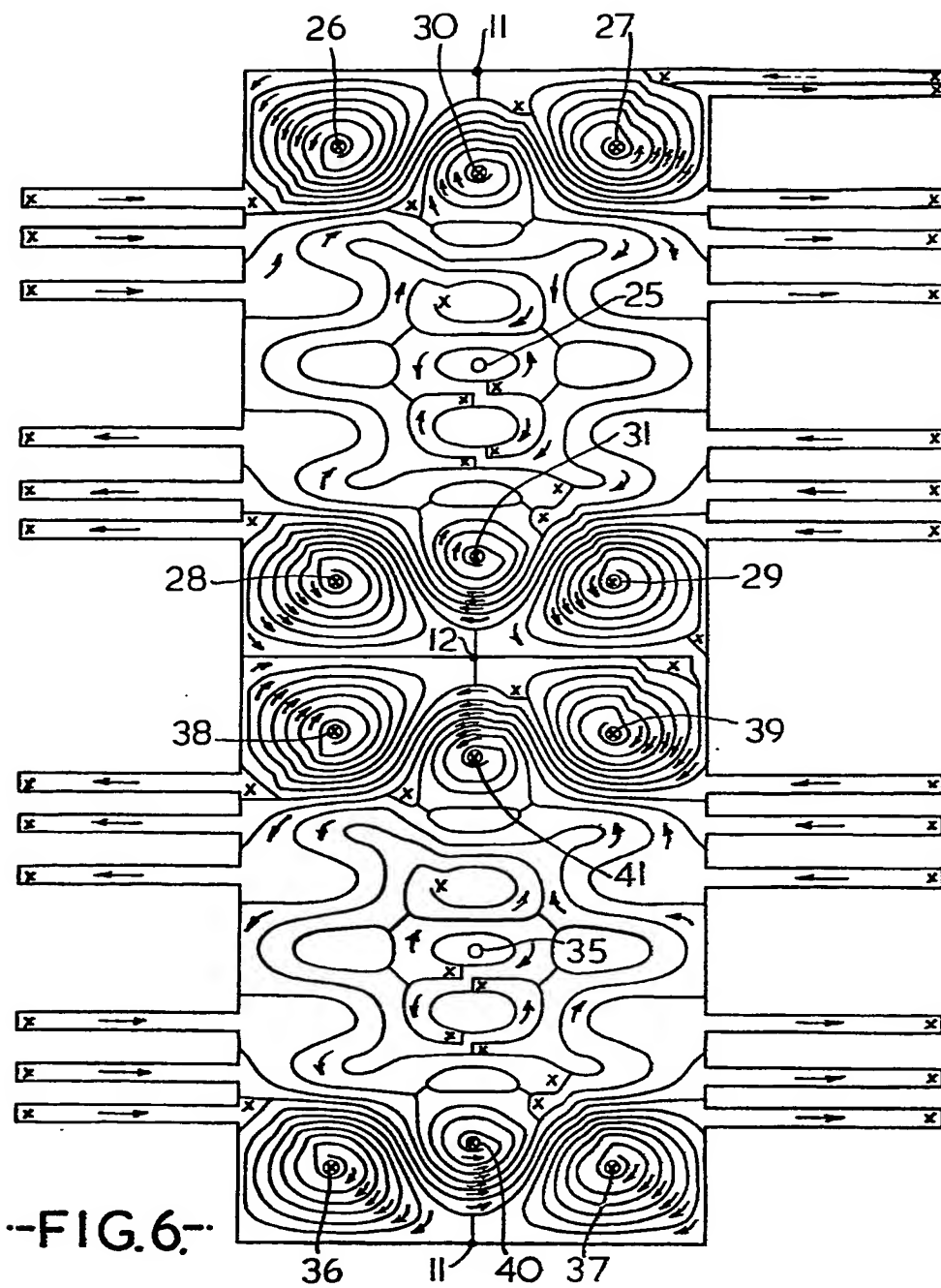


-FIG. 4-



-FIG. 5-

609850/0731



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.